

ТУРКИН ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ДИНАМОМЕТАМОРФИЧЕСКИЕ
И МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
УЙМЕНСКОГО ПРОГИБА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)
И ИХ РУДОНОСНОСТЬ**

25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск - 2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО “Томский политехнический университет”

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Алексей Карпович Мазуров

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Валерий Петрович Парначев

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Анатолий Максимович Сазонов

Ведущая организация:

Всероссийский геологический институт (ВСЕГЕИ), г. Санкт-Петербург

Защита состоится 29 июня 2009 года в 14.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.07 при Томском политехническом университете по адресу: 634050, г. Томск, ул. Советская, 73, 1-й корпус ТПУ, ауд. 111.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета

Автореферат разослан « » мая 2009 г.

Ученый секретарь совета,
д. г.-м. н., профессор

С.И. Арбузов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Урановое оруденение Горного Алтая до сих пор остается недооцененным и недостаточно изученным, тогда как с геодинамических позиций рассматриваемый регион как область проявления в девонское время интенсивных активно-окраинно-континентальных процессов, активного контрастного базальт-риолитового вулканизма и широкого развития пестроцветных вулканогенно-терригенных молассовых толщ является весьма перспективным на данный вид полезного ископаемого. В то же время, в настоящее время существует объективная необходимость поисков новых урановорудных объектов, изучение перспективности в отношении уранового оруденения и расширения минерально-сырьевой базы Алтая. При этом из трех известных районов эндогенного уранового оруденения Горного Алтая (Кумирского, Уйменского и Черногорского) урановое оруденение Уйменского прогиба изучено более детально с проведением в его центральной части в 80-х и 90-х годах прошлого века специализированной на уран геологической съемки масштаба 1:50000 и поисковых работ на уран, в которых автор принимал непосредственное участие. Также недостаточно изученными остаются рудолокализирующие рециклинговые системы измененных пород Горного Алтая.

На площади центральной части Уйменского прогиба (Сумультинского рудного узла) проведены специализированные петрографические исследования и изучение геохимической структуры сложной системы тектонитов и метасоматитов по методике картирования гидротермально-метасоматических образований. Полученные результаты позволили выявить закономерности распределения урана в измененных породах с его концентрацией в конечных продуктах динамометаморфической и тектоно-метасоматической переработки вмещающих вулканогенно-осадочных и субвулканических образований и оценить масштабы возможного эндогенного оруденения.

Цель исследований. Разработка критериев прогнозирования ураноносности динамометаморфических и гидротермально-метасоматических образований центральной части Уйменского прогиба.

Задачи исследований.

1. Выявление геодинамической и структурной позиции уранового оруденения Уйменского прогиба Горного Алтая в региональных структурах западной части Алтае-Саянской складчатой области.

2. Изучение петрографических и геохимических особенностей динамометаморфических, дислокационно-метасоматических и гидротермально-метасоматических образований Сумультинской площади Уйменского прогиба Горного Алтая и внутреннего строения сложной системы сопряженных тектонитов и метасоматитов.

3. Выявление закономерностей распределения уранового оруденения в пределах Сумультинской площади при изучении геохимической структуры системы сопряженных тектонитов и метасоматитов.

4. Изучение баланса вещества, оценка перспективности и возможных масштабов уранового оруденения различных аномальных геохимических полей и проявлений Сумультинской площади.

5. Выработка комплекса прогнозных и поисковых критериев и рекомендаций по проведению дальнейших поисковых работ на площади Уйменского прогиба Горного Алтая.

Научная новизна работы.

1. Автором выявлена крупная региональная геохимическая структура, включающая динамометаморфические, дислокационно-метасоматические и гидротермально-метасоматические образования, с закономерным поведением в ней ряда металлов, в том числе урана.

2. Впервые на территории Горного Алтая проведено детальное петрографическое и геохимическое картирование сложной системы сопряженных динамометаморфитов, тектонитов и метасоматитов, выявлены их геохимические особенности и распределение в них урана и тория.

3. Апробированы методологические основы изучения гидротермально-метасоматических образований и оценки перспективности ураноносности территорий развития региональных метаморфо-метасоматических систем, которые могут быть использованы для прогнозирования и поисков эндогенного оруденения различных металлов в других районах Горного Алтая.

4. Получены результаты, свидетельствующие о перераспределении и концентрировании урана в процессе формирования сложной системы сопряженных измененных пород, образующих единую геохимическую структуру и представленных тектонитами и щелочными и кислотными метасоматитами.

Практическая значимость работы. Результаты проведенных исследований существенно дополняют геологическую изученность Горного Алтая, метаморфических и гидротермально-метасоматических образований Уйменского девонского вулканогенного наложенного прогиба. Дана положительная оценка перспективности Сумультинской площади Уйменского прогиба на урановое оруденение. Получены доказательства ведущей роли структурно-тектонических и метасоматических рудоконтролирующих факторов в распределении повышенных концентраций урана в пределах Сумультинской площади. Установлены возможные масштабы уранового оруденения и закономерности внутреннего строения Сумультинской рудоконцентрирующей структуры. Разработан комплекс прогнозно-поисковых критериев и даны рекомендации по проведению дальнейших поисковых работ в Уйменском прогибе Горного Алтая.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований и основные материалы, положенные в основу диссертации, докладывались и обсуждались на различных мероприятиях регионального и общероссийского уровней: на петрографической конференции (г. Новосибирск) в 1990 г.; на расширенном заседании лаборатории моделирования тектонических систем ОИГГМ СО РАН (г. Новосибирск) в 1992 г.; на научно-практической конференции «Новые данные о геологии и полезных ископаемых западной части Алтае-Саянской области» (г. Новокузнецк) в 1995 г.; на научной конференции «Проблемы геологии Сибири» (г. Томск) в 1996 г.; на региональном совещании «Минерально-

сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития» (г. Горно-Алтайск) в 1998 г.; на научной конференции «Актуальные вопросы геологии и географии Сибири» (г. Томск) в 1998 г.; на региональной научно-практической конференции «300 лет горно-геологической службе России: история горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая» (г. Барнаул) в 2000 г.; на научно-практической геологической конференции «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века» (г. Санкт-Петербург) в 2000 г.; на научно-практической конференции "Актуальные аспекты геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Алтайского края" (г. Барнаул) в 2004 г.; на научно-практической конференции «Геология, география, биология и природные ресурсы Алтая (г. Бийск) в 2005 г., на научно-практической конференции «Поисковая геохимия: Теория и практика интерпретации аномальных геохимических узлов и аномальных геохимических полей» (г. Москва, ИМГРЭ) в 2008 г.

Материалы, положенные в основу диссертации, опубликованы в 14 статьях, тезисах докладов и двух монографиях, в том числе в статье в рецензируемом научном журнале, рекомендованном ВАК.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 138 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, включающих в общей сложности восемь разделов, заключения, списка литературы, включающего 110 источников. Работа иллюстрирована 27 рисунками и 15 таблицами.

Во введении дано обоснование актуальности выбранной темы, необходимости изучения геохимической структуры сложных систем сопряженных метасоматитов, формирование которых способствует концентрированию металлов, в том числе урана, и сопровождается образованием месторождений. Определены цели и задачи исследований, методы их решения, обозначены научная новизна и практическая ценность выполненных автором исследований.

В первой главе на основании данных предшествующих исследователей (И.И. Белостоцкий, Ю.В. Венчковский, П.К. Драгайкин, Л.Г. Васютина, Я.Ф. Арзамасов, А.С. Митропольский, В.П. Удодов и др.) и личных наблюдений автора дана характеристика геологического строения (рис. 1) и тектонической структуры Уйменского прогиба, геодинамических и структурно-вещественных комплексов восточной части Горного Алтая.

Во второй главе рассмотрены и охарактеризованы динамометаморфические и гидротермально-метасоматические образования Уйменского прогиба. В отдельных разделах дана характеристика эпипородных изменений различных формационных типов с выделением вулканогенных (поствулканических) гидротермально-метасоматических образований формации фельдшпатофиоров, динамометаморфических и тектоно-метасоматических образований (синтектонических метасоматитов) бельского метаморфогенного комплекса, тектоногенных гидротермально-метасоматических образований пропилит-березитовой региональной метасоматической формации.

В третьей главе охарактеризованы основные особенности локализации и формирования уранового оруденения Уйменского прогиба. Рассмотрены структурные условия формирования и состав руд известных проявлений урана Су-

мультиинской площади. Во втором разделе главы рассмотрены особенности поведения урана и ряда сопутствующих элементов в геохимической структуре сложной системы метасоматитов Уйменского прогиба. Определены количественные характеристики процессов привноса-выноса урана для периферических зон пропилитоидных и фельдшпатолитовых изменений и для внутренних зон ядерного концентрирования урана с развитием по породам различного состава альбититов, березитоидов, тектонитов и синтектонических метасоматитов.

В четвертой, заключительной главе приведены результаты работ по количественному прогнозированию и определению возможных объемов уранового оруденения Сумультинской площади с расчетом прогнозных ресурсов категории $P_3 - P_2$. Рассмотрена определенная на основании проведенных исследований стадийность формирования уранового оруденения, охарактеризован комплекс региональных и локальных поисковых критериев с обоснованием ведущей роли структурно-тектонических и метасоматических рудоконтролирующих факторов и с выделением участков, наиболее перспективных на обнаружение промышленных концентраций урана.

Личный вклад автора и отличие от результатов предшествующих исследований, фиксирующих пространственную связь гидротермальной урановой минерализации с локальными зонами альбитизации и окварцевания вулканогенных и осадочных пород, заключается в выделении, детальном петрографическом и геохимическом изучении бельского метаморфогенного комплекса и сложной зональной метаморфо-метасоматической системы, а также в выявлении автором закономерного поведения в ней урана.

Благодарности. В процессе выполнения работы ценную помощь автору оказали В.В. Шкиль, В.И. Тимкин, С.И. Федак, Г.Г. Русанов, И.С. Туркина, А.В. Данилов, Л.П. Карабицина, Л.И. Шепеленко, Р.О. Гринев. Всем названным коллегам автор выражает искреннюю благодарность за помощь и поддержку в выполнении работы. Автор глубоко признателен за помощь, консультации и ценные замечания по содержанию работы доктору геолого-минералогических наук, профессору И.В. Кучеренко, доктору геолого-минералогических наук, профессору А.Ф. Коробейникову, доктору геолого-минералогических наук, профессору Л.П. Рихванову. Автор благодарен своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору А.К. Мазурову за внимание к работе, ее критику и всестороннюю помощь в ее выполнении.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Положение 1: Региональные геодинамические, структурно-тектонические, магматические, литолого-стратиграфические критерии локализации уранового оруденения Уйменского прогиба определяются принадлежностью последнего структурной зоне тыловых рифтов активной континентальной окраины.

Уйменский прогиб характеризуется сложным геологическим строением (рис. 1) и входит в состав крупной, протяженностью до 1000 км и шириной до 150 км группы прогибов общего субмеридионального простираения, включаю-

щего на территории восточной части Горного Алтая девонские Лебедской, Уйменский и Нырнинский прогибы, а также Каянчино-Каракокшинскую группу грабенных. В современных структурах Алтая эти прогибы расположены на расстоянии 300-400 км от конвергентной окраины реконструируемой в девоне Сибирской континентальной плиты. В северном направлении они «наращиваются» Минусинскими впадинами и грабенами Кузнецкого Алатау с широким развитием раннедевонских щелочных магматических комплексов (более раннее заложение рифтовых структур), а на юге – заложением уже в живетское время Делюно-Юстыдским прогибом с активным осадконакоплением поздней стадии развития девонской активной окраины (рис. 2). В это время в режиме тылового рифта развивался и Аксайский прогиб, к структурам которого приурочен Черногорский потенциально урановорудный район.

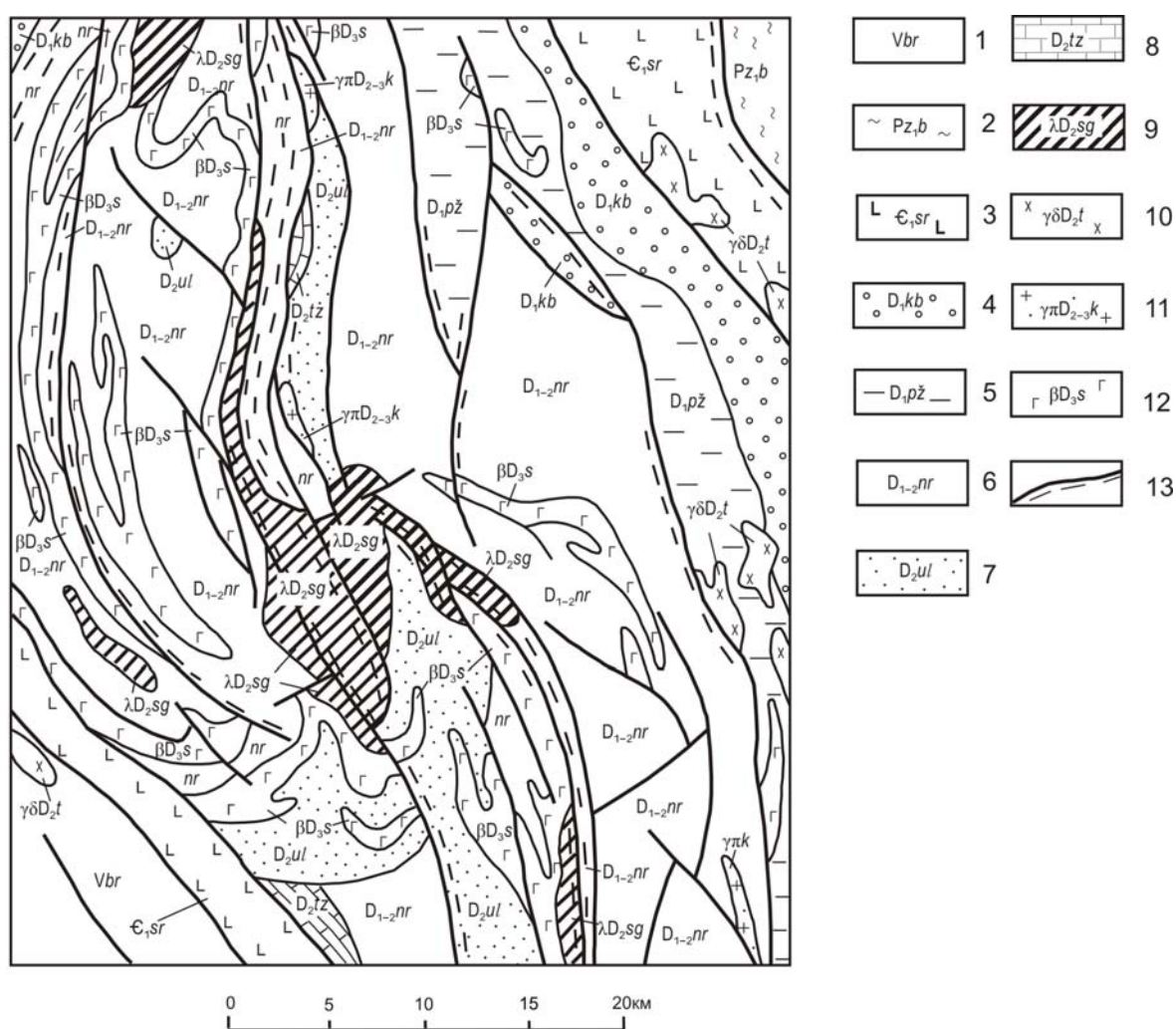


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Сумультинской площади:

1 - баратальская толща; 2 - метаморфические сланцы башкаусского комплекса Телецко-Чулышманской СФЗ; 3 - сарысазская свита Балхашско-Садринской СФЗ; 4 - кубойская свита; 5 - пыжиноозерская свита; 6 - осадочно-вулканогенные образования нырнинской свиты; 7 - известкисто-терригенные отложения улусукской свиты; 8 - терригенно-карбонатные отложения тайозенской свиты; 9 - субвулканические и жерловые образования кислого состава саганского комплекса; 10 - гранодиориты, диориты, граниты тускульского комплекса; 11 - гранит-порфиры кызылташского комплекса; 12 - долериты, габбродолериты сумультинского комплекса; 13 - разломы и приразломные тектониты

Изучение состава магматических образований девонской активной континентальной окраины выявляет достаточно отчетливо проявленную зональность распределения продуктов надсубдукционных вулканитов и интрузивных комплексов. С запада на восток (в современных координатах), с удалением от зоны субдукции, области интенсивного базальт-андезитового, андезитового, плагио-риолитового и игнимбритового вулканизма (ергольский, онгудайский, учуленско-казанкольский, более поздний куяганский комплексы) с развитием полностью дифференцированных серий вулканитов нормальной щелочности сменяются контрастными базальт-риолитовыми повышенной щелочности формациями Уйменско-Лебедской группы прогибов (нырнинский и саганский комплексы), Западного Саяна и Тувы (кужебазинский и кендейско-саглинский комплексы). Подобная тенденция характерна и для раннесубдукционных интрузивных образований: более западные комплексы габбро-диорит-гранодиоритового формационного ряда активной окраины имеют нормальную щелочность и в целом пониженную калиевоcть (раннеземеиногорский существенно плагиогранитовый комплекс Рудного Алтая, топольнинский диорит-гранодиоритовый комплекс Центрального Алтая), сменяясь на востоке, в обрамлении Уйменско-Лебедской группы прогибов более щелочными комплексами с развитием монцодиоритов, монцонитов (югалинский комплекс), а также массивами калиевых гранитов (турочакский комплекс). При этом гранитоидный магматизм в восточной части Алтая сопровождается плутонометаморфизмом андалузит-силлиманитовой серии, типичным для тыловорифтовых структур активных континентальных окраин (кебезенский, курайский, южно-чуйский метаморфические комплексы).

В отличие от центральных районов Горного Алтая с почти исключительным развитием континентальных пестроцветных молассовых отложений, в структурно-формационной зоне тыловых рифтов в раннем девоне локально сохранялись морские условия карбонатно-терригенного осадконакопления (пыжиноозерная свита Уйменского прогиба, бейская формация Минусинской впадины и Западного Саяна). При этом фиксируется прогибание бассейна седиментации в эмское время, что по возрасту соответствует заложению зоны субдукции у юго-западных (в современных координатах) окраин Сибирской континентальной плиты и началу активного вулканизма. В более позднее время морские условия осадконакопления господствовали в южных районах тыловорифтовой структуры с формированием мощной призмы терригенных и карбонатно-терригенных отложений Делюно-Юстыдского прогиба. Мощность осадочных и вулканогенно-осадочных толщ в тыловых (в том числе Уйменском) прогибах достигает пяти и более километров. В целом для девонского периода формирования геологических структур восточной части Горного Алтая и, в частности, для потенциально урановорудных районов характерно чередование горстов и грабенов, осложненных сдвигами и взбросо-надвигами, что отмечено многими исследователями. При этом, по имеющимся определениям, возраст уранового оруденения находится в интервале 400-320 млн. лет, что соответствует девону – раннему карбону, охватывая период развития активно-окраинно-континентальных процессов.

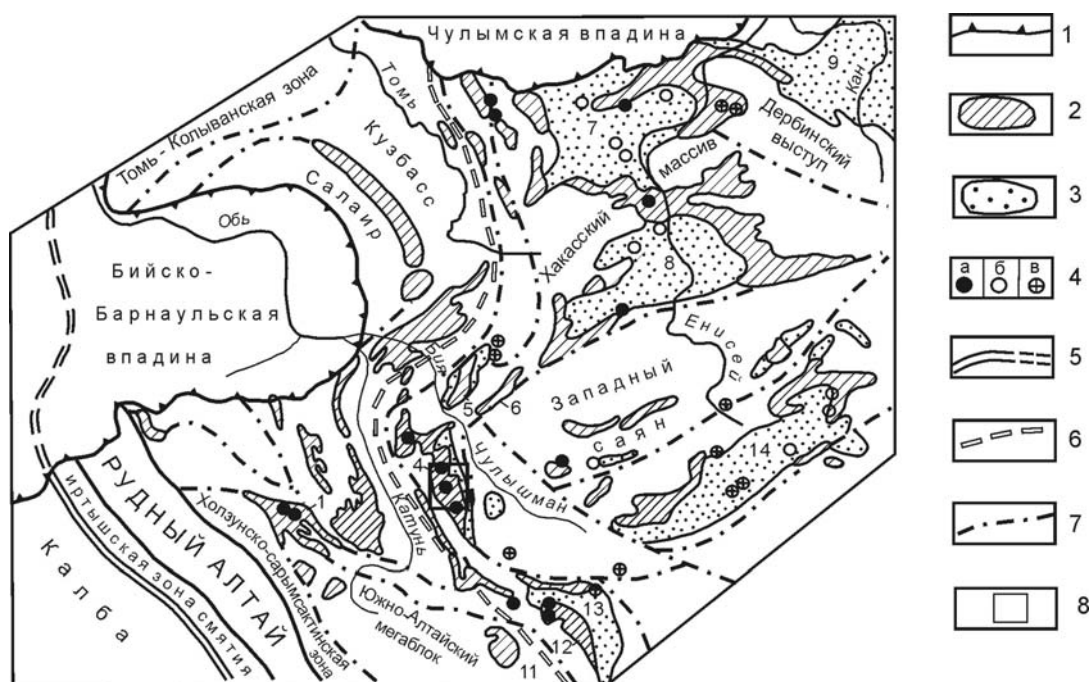


Рис. 2. Схема размещения урана в средне-позднепалеозойских структурах АССО (сост. с использованием материалов В.Е.Кудрявцева: Западная Сибирь., Т.2, 2000): 1 - границы распространения кайнозойских отложений чехла Западно-Сибирской плиты; 2 - вулканические прогибы раннего-среднего девона (1 - Коргонский, 2 - Онгудайский, 3 - Тельбесский, 4 - Уйменский, 5 - Лебедской, 6 - Абаканский, 10 - Садо-Ербинский, 11 - Калгутинский, 12 - Аксайский); 3 - прогибы и впадины с развитием мощных толщ девонских моласс (Северо-Минусинская, 8 - Южно-Минусинская, 9 - Рыбинская, 13 - Делюно-Юстыдский прогиб, 14 - Тувинский прогиб); 4 - проявления и месторождения урана (а - в вулканических породах девона, б - в молассовых толщах девона существенно инфильтрационные, в - регенерированные и связанные с мезозойской активизацией); 5 - сутурный шов - граница девонской активной континентальной окраины; 6 - условная граница зоны тыловых рифтов; 7 - главные разломы, границы крупных тектонических блоков, 8 - контур Сумультинской площади

Имеющиеся данные по металлогении тыловых рифтогенных зон (тыловых вулканоплутонических поясов) активных окраин континентов свидетельствуют о предпочтительных условиях формирования месторождений урана, флюорита, молибдена, редкоземельных элементов, жильных проявлений со свинцом, цинком, золотом, серебром (И.И. Абрамович, И.Г. Клушин, 1987; Геодинамический..., 1989), что в значительной степени фиксируется для Уйменского прогиба и для девонской тыловорифтовой зоны Восточного Алтая и смежных с ним районов Тувы и Хакасии (Западная..., 2000; О.М. Гринев, 2007). Повышенные концентрации, месторождения и проявления данных элементов фиксируются в ряде сопряженных структур, повсеместно выявляются в первичных и вторичных геохимических аномалиях.

Положение 2: В Уйменском прогибе широко проявлены динамометаморфические, дислокационно-метасоматические и гидротермально-метасоматические комплексы, образующие сложную систему измененных пород и включающие поствулканические образования формации фельдшпатофиоров, тектониты и синтектонические метасоматиты бельского комплекса (формации динамометаморфических сланцев и кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов), а также образования тектоногенной пропилит-березитовой региональной метасоматической формации.

Метаморфогенные образования Уйменского прогиба при весьма широком развитии характеризуются большим разнообразием различных динамометаморфических и метасоматических пород, обнаруживающих пространственно-генетическую связь как с предшествующей и сопутствующей активной магматической деятельностью, так и с зонами крупных тектонических структур: Восточно-Кадринским, Бельско-Учалыским, Западно-Айрыкским, Уйменским, Тонгошским и другими разломами (рис. 3, 4). Тектонические зоны образуют в пределах рассматриваемой площади сложный структурный узел, охватывающий территорию в несколько сот квадратных километров, включая гору Бель и бассейны рек Кызылтобак и Чебдар на юге, гору Вершина Уйкараташа и бассейны рек Учал и Ямбош на севере.

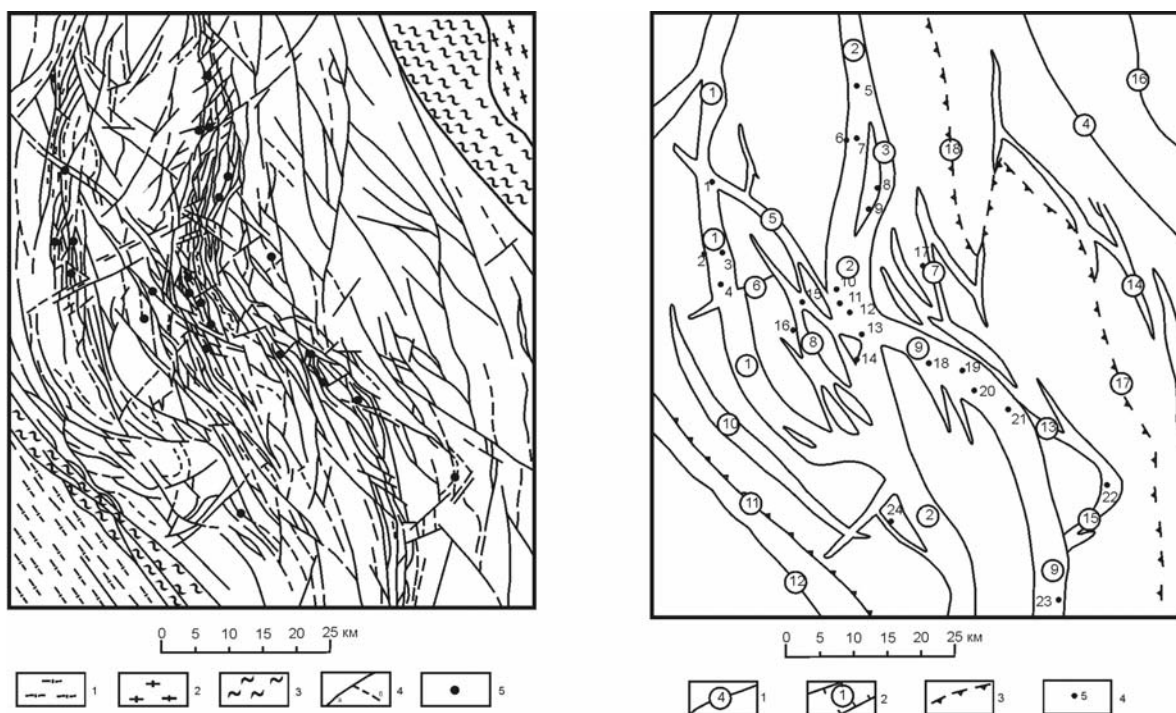


Рис. 3. Разрывные нарушения Сумультинской площади и бортовые структуры Уйменского прогиба: 1 - кремнисто-карбонатные образования Кадринско-Баратальского блока Бийско-Катунской СФЗ; 2 - метаморфические сланцы Телецкого блока; 3 - метабазальты и метаморфические сланцы Балхашско-Садринской СФЗ; 4 - хрупкие разрывные нарушения Сумультинской площади установленные (а) и предполагаемые (б); 5 - проявления и пункты минерализации урана

Рис. 4. Тектонические зоны Сумультинской площади: 1 - пограничные разломы (4 - Чакрыкский, 11 - Восточно-Кадринский, 12 - Кадринский, 16 - Телецкий); 2 - зоны катаклаза, приразломного смятия и динамометаморфизма, разломы (1 - Уйменский, 2 - Бельско-Учалынский, 3 - Учалынский); 3 - границы площади распространения девонских осадочно-вулканогенных образований; 4 - проявления и пункты минерализации урана (1 - Гребешковское, 2 - Замок духов, 3 - Северно-Айрыкское, 4 - Айрыкское, 5 - Северное (Учалыское), 6 - Ямбошское, 7 - Грозное, 8 - аномалия 237, 9 - Караюл, 10 - Приозерное, 11 - Плешаковское, 12 - Фестивальное, 13 - Сумультинское, 14 - Карасазканское, 15 - Верхне-Уйменское, 16 - Каровое, 17 - Уйкараташское, 18 - аномалия 17, 19 - Проездное, 20 - Южно-Проездное, 21 - Осинское, 22 - Тайтынское, 23 - Тонгошское)

В результате проведенных исследований совокупность динамометаморфических и метасоматических пород Уйменского прогиба выделена в самостоятельный метаморфогенный комплекс, по району типичного проявления метаморфо-метасоматических процессов и наиболее широкого развития данных об-

разований названный бельским. Кроме отнесенных с бельскому комплексу, в пределах девонского наложенного Уйменского прогиба развиты гидротермально-метасоматические образования различных формационных типов. Среди всей совокупности динамометаморфических и гидротермально-метасоматических образований района могут быть выделены несколько групп пород различного состава и формационной принадлежности.

1. Вулканогенные гидротермально-метасоматические образования формации фельдшпатофиров (альбитофиры, фельдшпатофиры).

2. Метаморфо-метасоматические образования бельского комплекса, в составе которых могут быть выделены:

а) дислокационно-метаморфический подкомплекс, включающий различные динамокластиты, катаклазиты, тектонические брекчии, милониты, динамосланцы, порфиритоиды;

б) дислокационно-метасоматический подкомплекс, включающий различные бластомилониты и закономерно сменяющие друг друга фациально в пространстве и во времени синтектонические кварц-альбит-микроклиновые, кварц-альбитовые и кварц-адуляровые метасоматиты.

3. Тектоногенные гидротермально-метасоматические образования пропилит-березитовой региональной метасоматической формации (пропилиты актинолитовые и хлоритовые, альбититы, березиты).

Все вышеперечисленные метаморфо-метасоматические образования, выделяемые в качестве относительно дискретных групп, имеют сложные взаимоотношения и взаимопереходы, характеризуются закономерной и нарушенной последующими дислокациями перемежаемостью, различными содержаниями урана (табл. 1), иногда совмещены в пространстве, формируют сложную систему метаморфитов и метасоматитов с единой геохимической структурой.

Каждая из выделенных разновидностей измененных пород имеет свою петрографическую и геохимическую характеристику. При этом гидротермально-метасоматические образования периферических зон (пропилиты, пропилитоиды, фельдшпатолиты характеризуются пониженными относительно кларковых значений содержаниями урана, а тектониты и синтектонические метасоматиты центральных зон - повышенными фоновыми концентрациями данного металла, превышающими кларковые значения и содержания урана в неизмененных (слабоизмененных) породах в 1,5-2 раза (табл. 1).

В результате изучения всей совокупности измененных пород района сделан вывод об их тесной взаимосвязанности в единой сложной системе сопряженных метасоматитов, сформированной в течение относительно длительного периода времени (ранний девон – ранний карбон), включающего соответствующие стадии девонско-раннекаменноугольного тектоно-метаморфического цикла. Ранняя стадия включает период активного вулканизма при формировании рифтогенной структуры в тыловой части активной окраины континента и сопровождается развитием гидротермально-метасоматических пород фельдшпатофировой формации. Средняя стадия цикла по времени соответствует аккреционно-коллизийным процессам в связи с завершением активного вулканизма на континентальной окраине и с превращением Уйменского прогиба в

зону транспрессии - Уйменскую шовную сдвиговую зону, сопровождающимся развитием основного объема дислокационно-метаморфических пород и бластомилонитов бельского комплекса в пределах зон приразломного смятия и интенсивной тектонической переработки.

Таблица 1

Фоновые содержания урана в измененных породах
различных формационных типов

Метаморфические и метасоматические формации	Внешние и промежуточные ореольные зоны эпипород и метасоматитов		Внутренние барьерные фоновые зоны ядерного концентрирования	
	типы пород	содержания г/т	типы пород	содержания г/т
Фельдшпатофировая	Фельдшпатофиры (n = 56)	$\frac{1-3 (2,1)}{0,44}$	Уничтожены при последующих процессах	-
Кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов и динамометаморфических сланцев (бельский комплекс)	Кварц-полевошпатовые метасоматиты (n = 120)	$\frac{1-3 (1,9)}{0,39}$	Динамосланцы, порфиитоиды (n = 110)	$\frac{3-6 (4,0)}{0,59}$
			Милониты, брекчии, бластомилониты (n = 230)	$\frac{3-10 (4,5)}{1,26}$
			Кварц-полевошпатовые гнейсо-сланцы (n = 79)	$\frac{4-9 (5,0)}{1,05}$
			Трахитоидные полевошпатовые тектоносланцы (n = 46)	$\frac{4-10 (5,0)}{1,38}$
Пропилит-березитовая (березит-альбититовая)	Пропилиты хлоритовые и актинолитовые (n = 246)	$\frac{1-3 (2,2)}{0,35}$	Березиты (n = 58)	$\frac{2-5 (3,5)}{0,66}$
	Альбит-хлорит-карбонатные метасоматиты (n = 180)	$\frac{1-4 (2,5)}{0,55}$	Альбититы (n = 35)	$\frac{3-5 (3,3)}{0,48}$

Примечание: в числителе приведены интервалы содержаний урана, в круглых скобках – средние арифметические, в знаменателе – стандартные отклонения

Поздняя, заключительная стадия ТМЦ фиксирует завершение коллизионных процессов, период посткинематической разрядки и формирование сети хрупких (по Е.И. Паталахе) разломов, сопровождающееся развитием эпипород и метасоматитов березит-альбититовой разновидности пропилит-березитовой региональной метасоматической формации по классификации Е.В. Плющева с соавторами (1981).

Положение 3: Дислокационно-метаморфические и сопряженные с ними гидротермально-метасоматические процессы обеспечивали сложные петрогеохимические и структурно-вещественные преобразования различных пород изученной территории с формированием специфической зональной геохимической структуры. Предложена модель формирования уранового оруденения Сумультинской площади, основанная на перераспределении урана с выносом его из периферических зон пропилитов, фельдшпатолитов и привносом во внутренние барьерные зоны тектонитов, березитоидов и альбититов – зоны ядерного концентрирования сложной системы сопряженных метасоматитов Уйменского прогиба.

В процессе петрографических исследований на площади Уйменского прогиба было проведено геохимическое изучение вышерассмотренной системы тектонитов и метасоматитов, основанное на принципах методики изучения гидротермально-метасоматических образований (Е.В. Плющев, О.В. Ушаков и др., 1981). В результате была составлена карта региональных метасоматических формаций (рис. 5) и выявлено закономерное поведение урана как при формировании эпипород пропилит-березитовой формации, так и при образовании тектоно-метасоматических образований бельского комплекса.

В процессе формирования гидротермально-метасоматических образований пропилит-березитовой РМФ основные закономерности поведения урана выражены устойчивой тенденцией его выноса из периферических пропилитовых зон и привноса в центральные альбититовые и березитовые зоны, при этом широкие внутренние зоны пропилитоидных альбит-карбонатных ассоциаций являлись зонами транзита урана и, отчасти, тория. Для количественной оценки процессов привноса-выноса урана составлены графики его поведения (рис. 6, 7) при формировании метасоматитов различных типов, где отдельно для пропилитов, альбит-карбонатных метасоматитов, альбититов и березитоидов, по оси абсцисс отложена степень замещения исходных пород в принятой градации: I – слабая (до 20% новообразований от объема исходной породы); II – умеренная (20-50%); III – интенсивная (50-80%); IV – полная (80-100% новообразований от объема исходной породы), а по оси ординат – приращения содержаний металла в эпипородах соответствующего типа и степени изменений в г/т. При этом данная величина (ΔC) может быть как положительной, так и отрицательной в зависимости от того, увеличивается или уменьшается содержание урана в метасоматитах относительно исходных (неизмененных) пород.

Следующий этап количественной оценки поведения урана при формировании РМФ включает расчет коэффициентов привноса-выноса металла для каждой зоны однотипных изменений: а) пропилитов, б) альбит-карбонатных ассоциаций, в) альбититов (эйситов), г) березитов и березитоидов в совокупности с эпипородами серицит-хлоритовой ассоциации гидротермальных минералов. Для этого на карте метасоматических формаций (рис. 5) были определены площади распространения соответствующих ассоциаций: пропилитов (S^{Π} = более 500 кв. км), альбит-карбонатных ассоциаций (S^{ak} = 220 кв. км), альбититов (S^A = 50 кв. км), березитов и березитоидов (S^6 = 75 кв. км). Данные площади фактически распадаются на ряд участков, соответствующих развитию в их пределах

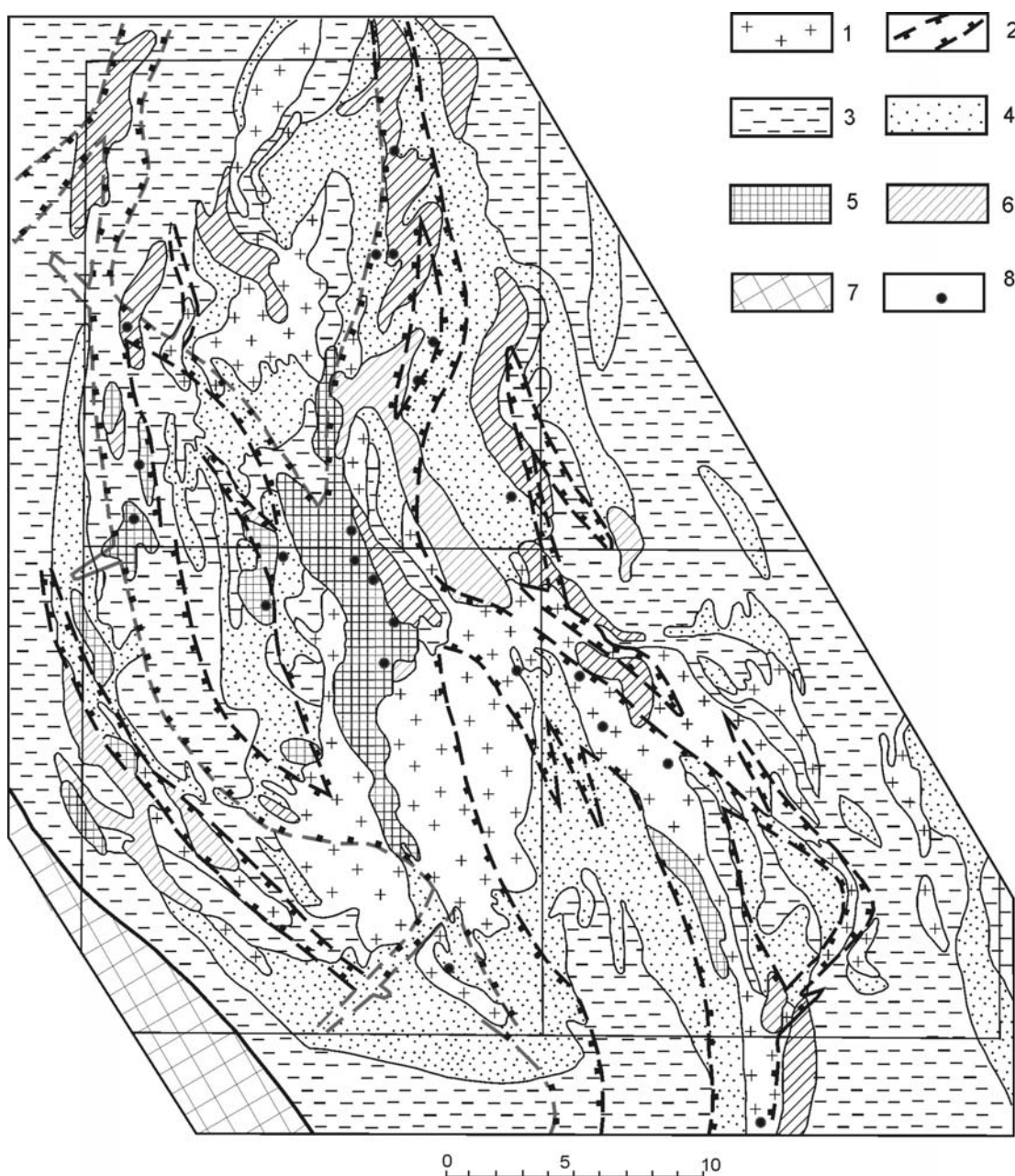


Рис. 5. Карта метасоматических формаций с расположением зон динамометаморфической и тектонической переработки: 1 - кварц-полевошпатовые метасоматиты фельдшпатофировой и фельдшпатолитовой формаций; 2 - зоны динамометаморфической и тектонической переработки (динамосланцы, тектонобластиты, синтектонические метасоматиты); 3 - 6 - гидротермально-метасоматические образования пропилит-березитовой формации (3 - пропилиты, 4 - альбит-карбонатные пропилитоиды, 5 - альбититы, 6 - березиты и березитоиды); 7 - прочие метасоматические системы; 8 - проявления и пункты минерализации урана Сумультинской площади

эпипород различной степени проявленности. Но поскольку эпипородные ассоциации пропилит-березитового типа развиты в виде тел вуалевого типа, исходя из положения о равномерной сети опробования, оценка площади развития метасоматитов слабой, умеренной, интенсивной и полной степени проявленности может быть определена с помощью коэффициента пропорциональности коли-

чества проанализированных проб из данных образований определенного типа изменений площади распространения последних.

Коэффициент привноса-выноса урана из пропилитовых зон РМФ (Z_{Π}) определен по формуле: $Z_{\Pi} = (\Delta C_y \times K_y) + (\Delta C_{и} \times K_{и}) + (\Delta C_{п} \times K_{п})$, где ΔC_y , $\Delta C_{и}$, $\Delta C_{п}$ – приращения содержаний металла в подзонах пропилитовой ассоциации соответственно умеренной, интенсивной и полной степени проявленности относительно неизменных пород. Для расчета приращений содержаний меди, урана и тория определено среднее содержания металлов в неизменных (или слабоизмененных) породах смежных зон данной РМФ, которое для урана составляет около 2,5 г/т. При этом вариации средних содержаний урана (2,3-2,7 г/т более чем в 95% случаев) в различных типах слабоизмененных (неизменных) пород района не выходят за пределы околочларковых колебаний, а оценка точности среднего арифметического (2,5 г/т) для 95% -го доверительного интервала ($\pm 0,02$) не превышает 1%. Для отдельных типов пород ошибка средних арифметических (табл. 1) составит не более 10%.

На графике приращений содержаний урана для эпипород разной степени проявленности (рис. 6, 7) определены частные и общие коэффициенты привноса-выноса, составившие для пропилитов - $Z_{\Pi} = - 0,33$ г/т, для альбит-карбонатных метасоматитов - $Z_{АК} = - 0,035$ г/т, для альбититов - $Z_A = + 0,69$ г/т, для березитоидов - $Z_B = + 0,62$ г/т. Используя полученные коэффициенты, рассчитано общее количество металла (Р, тыс. тонн), вынесенное из зоны (в данном случае – зоны пропилитов) или привнесенное в зону (в случае положительного значения Z_{Π}) по формуле: $P = Z \times \delta \times S \times H$, где δ – средняя плотность пород данной метасоматической зоны, S - площадь и H – глубина развития метасоматической зоны. В результате расчетов количества перемещенного урана были рассчитаны для актинолитовых и хлоритовых пропилитов (- 2202,75 тыс. тонн), для транзитных альбит-карбонатных пропилитоидов (- 57,75 тыс. тонн), для альбититов (+ 258,75 тыс. тонн), для березитоидных ассоциаций (+ 461,25 тыс. тонн). Таким образом, сумма вынесенного металла (в данном случае – урана) для зон пропилит-березитовой РМФ, характеризующихся отрицательными значениями коэффициента привноса-выноса составит – 2260,5 тыс. тонн, а сумма привнесенного урана для зон с положительными значениями коэффициента привноса-выноса - 720 тыс. тонн.

В ходе дальнейших расчетов были выявлены закономерности перераспределения урана в тектоно-метасоматических процессах формирования динамокластитов, тектонобластитов и синтектонических метасоматитов бельского метаморфогенного комплекса, составляющего в тесной взаимосвязи с гидротермально-метасоматическими образованиями пропилит-березитовой РМФ общую сложную систему сопряженных тектонитов и метасоматитов и единую геохимическую структуру.

На графиках поведения урана и тория (рис. 8, 9) устойчивая тенденция к накоплению урана обнаружилась в динамометаморфических породах, милонитах, бластомилонитах, бластокатаклазитах и тектонических брекчиях (тектоно-метасоматических брекчиях), тектоносланцах, гнейсо-сланцах, тогда как выносом урана характеризуются зоны фельдшпатолитов межзонных блоков, где не

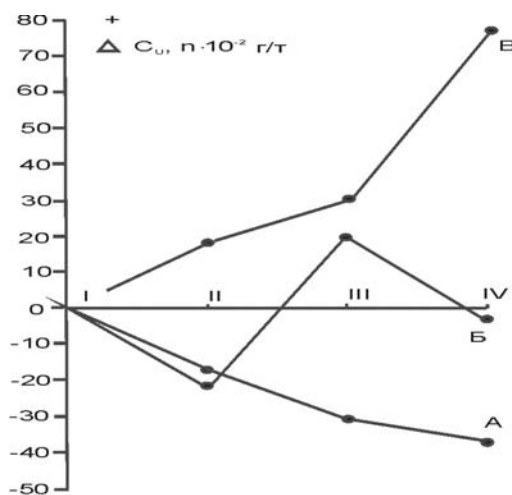


Рис. 6. Поведение урана в ходе формирования пропилитов (А), альбит-карбонатных пропилитоидов (Б), альбититов (В).
Степень замещения исходных пород:
I - слабая (до 20% новообразований);
II - умеренная (20-50%);
III - интенсивная (50-80% новообразований); IV - полная (более 80% новообразований)

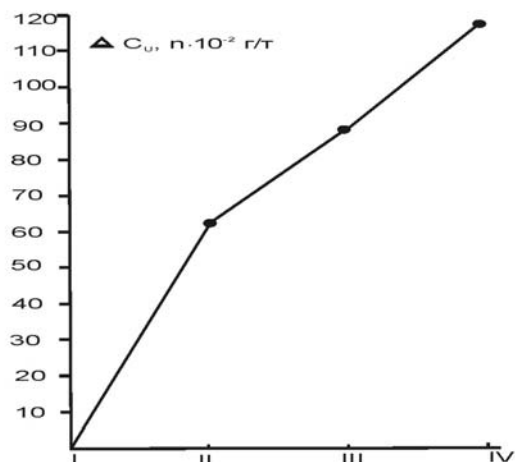


Рис. 7. Поведение урана в ходе формирования березитов и серицит-хлоритовых березитоидов.
Степень замещения исходных пород:
I - начальная (до 5% новообразований от объема исходной породы);
II - слабая (5-20% новообразований);
III - умеренная (до 50%);
IV - интенсивная (50-80% новообразований).

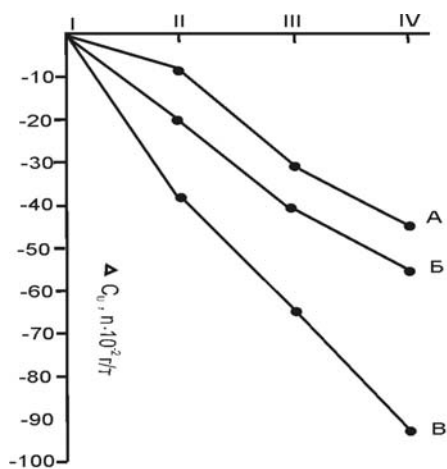


Рис. 8. Поведение урана при формировании кварц-полевошпатовых метасоматитов по метабазальтам (А), туфогенным породам (Б), песчаникам (В).
Степень замещения исходных пород:
I - слабая; II - умеренная;
III - интенсивная;
IV - полная.

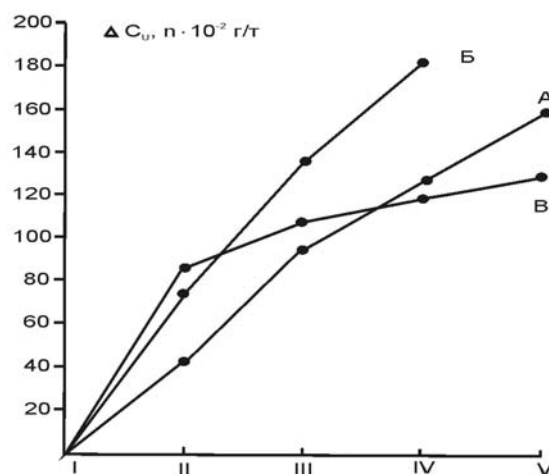


Рис. 9. Поведение урана при динамометаморфической и тектоно-метасоматической переработке метабазальтов (А), туфогенных пород (Б), песчаников (В).
Степень изменения исходных пород (I):
II - рассланцованные и катаклазированные породы;
III - порфиритоиды, порфириды, милониты;
IV - динамосланцы, псаммитовые гнейсы;
V - бластомилониты, полевошпатовые трахитоидные тектоносланцы

отмечено существенное участие тектонических процессов. В соответствии с этим процесс мобилизации и выноса урана из глубинных и приповерхностных

кварц-полевошпатовых ореольных зон и привноса (концентрирования) его в центральные тектонически активные зоны был количественно оценен по выше-описанной методике, примененной для выявления особенностей поведения урана и тория при формировании гидротермально-метасоматических образований пропилит-березитовой региональной метасоматической формации. Коэффициенты привноса-выноса составили для фельдшпатолитовых зон: $Z_{\phi} = - 0,4$ г/т; для дислоцированных и перекристаллизованных пород тектонически активных зон приразломного смятия: $Z_{\tau} = + 1,1$ г/т

Далее, как и для зон пропилит-березитовой РМФ, было рассчитано общее количество урана (Р, тыс. тонн), перемещенного из ореольных фельдшпатолитовых зон в зоны приразломного смятия, дислокационного метаморфизма и формирования синтектонических метасоматитов. Средняя плотность пород этих зон по данным определения физических свойств и по средним значениям плотности пород подобного состава составляет $2,6 \text{ г/см}^3$. Глубина формирования фельдшпатолитовых зон и зон динамометаморфизма, по литературным данным (Б.А. Блюман, В.В. Жданов, 1983) и применительно к площади Уйменского прогиба при значительной мощности разреза дислоцированных вулканогенно-осадочных образований принята не менее 5 км.

Таким образом, общее количество урана, вынесенное из зон ореольной фельдшпатолитизации при формировании бельского метаморфогенного комплекса, исходя из выше определенных параметров и с учетом площади и глубины развития данных пород, составило - 1040 тыс. тонн. В то же время, суммарное количество урана, привнесенного в ядерные зоны тектонической, динамометаморфической и тектоно-метасоматической перекристаллизации, составило - + 2750 тыс. тонн. В итоге общее количество урана, вынесенное из ореольных зон пропилитизации и фельдшпатизации при формировании сложной системы сопряженных метасоматитов Уйменского прогиба, в целом примерно составляет около 3300 тыс. тонн, а общее количество урана, привнесенного в центральные (фоновые) зоны ядерного концентрирования (тектониты, альбититы, березитоиды), можно принять равным 3500 тыс. тонн.

Полученные данные позволяют утверждать, что процессы перераспределения урана проходили при формировании единой сложной системы сопряженных по времени и в пространстве динамометаморфических, дислокационно-метасоматических и гидротермально-метасоматических пород бельского комплекса, фельдшпатофировой (фельдшпатолитовой III по Е.В. Плющеву с соавторами) и пропилит-березитовой (березит-альбититовой) формаций. Тесная взаимосвязь всех данных вторичных образований (эпипород и метасоматитов) позволяют говорить о едином балансе вещества и, в частности, урана в процессе полистадийного тектоно-бластического и метасоматического перерождения пород района.

Положение 4: Изучение геохимической структуры района позволяет дать положительную оценку перспективности поисков уранового оруденения в пределах рассматриваемой площади, оценить масштабы возможного оруденения и прогнозировать наличие новых рудных объектов на северных, южных и юго-восточных флангах Сумультинской аномальной зоны.

В результате изучения зональной геохимической структуры измененных пород Уйменского прогиба ранее было выявлено общее количество урана, перемещенного в процессе формирования системы сопряженных тектонитов и метасоматитов. Полученные данные позволяют оценить возможные (потенциальные) прогнозные ресурсы урана в рассматриваемом районе Уйменского прогиба. Исходя из имеющего опыта оценки ресурсного потенциала районов, по данным Е.В. Плющева с соавторами (Е.В. Плющев и др., 1981; Е.В. Плющев, В.В. Шатов, 1985), определены возможные прогнозные ресурсы как в целом для Сумультинской площади (Уйменского потенциально рудного района), так и для отдельных ее участков. Проведенные расчеты показывают, что, в соответствии с существующими в настоящее время промышленным кондициям и градиациям по размерам месторождений урана (Уран, 1997; Российский..., 2003), можно ожидать обнаружения мелких и средних месторождений (5-20 тыс. тонн) в Айрыкской и Тонгошско-Проездной аномальных зонах и относительно крупного месторождения урана (более 20 тыс. тонн) – в Сумультинской аномальной зоне и в районе одноименного проявления.

Очевидно, что локализация конкретных проявлений и месторождений урана будет зависеть от целого ряда параметров распределения этого элемента в геохимической структуре сопряженной системы метасоматитов и среды гидротермального минералообразования, осуществляясь на благоприятных геохимических барьерах – в барьерных зонах (по Е.В. Плющеву с соавторами) и на их границах с относительно резкой сменой термодинамических параметров и миграционной способности урана. На Сумультинской площади такими барьерными зонами накопления урана в целом ряде случаев являются краевые части альбититовых и (или) фельдшпатитовых зон трахитоидных тектоносланцев, непосредственно прилегающие к пропилитовым и фельдшпатолитовым зонам выноса и расположенные внутри зон крупных разломов.

Таким образом, поиски новых проявлений и месторождений урана в пределах Сумультинской площади должны быть сосредоточены в участках действительного и потенциального развития фельдшпатитовых (эйситовый и гумбеитовых) ассоциаций гидротермальных минералов, в вертикальном разрезе гидротермально-метасоматических образований расположенных выше фельдшпатолитовых зон выноса и ниже березитовых (барьерных) зон привноса, и в то же время локализованных на верхних уровнях крупных слабо эродированных зон приразломного смятия. Наиболее перспективной в этом плане является зона Бельско-Учальского взбросо-сдвига с широким развитием в ее пределах неэродированных березитоидных эпипород и большим количеством внутризонных блоков с развитием фельшпатитов и полевошпатовых тектоносланцев.

Комплекс поисковых критериев уранового оруденения включает большое количество различных региональных и локальных рудоконтролирующих факторов (табл. 2), при этом главными являются структурно-тектонические и метасоматические факторы, основное внимание на которых и обращено в данной работе. Тем не менее, достаточно важным при анализе размещения уранового оруденения Горного Алтая является вывод о его приуроченности шовным сдвиговым зонам и формациям наложенного на комплексы пассивной окраины кон-

тинентов девонского тылового (зоны тыловых рифтов) вулcano-плутонического пояса активной континентальной окраины.

Таблица 2

Критерии прогнозирования и поисков уранового оруденения

Рудоконтролирующие факторы	Поисковые критерии	
	региональные	локальные
геодинамические	Приуроченность рудных районов комплексам активной континентальной окраины, гл. обр. зоне тыловых рифтов	Центральные части вулканогенных тафrogenных межгорных прогибов, развитых как структуры пулл-апарт и поп-ап
структурно-тектонические	Вовлеченные в сдвиговое течение девонские очаговые вулканогенные структуры на пассивных окраинах континентов	Внутризонные блоки в пределах тектонических зон сдвиговой и взбросовой кинематики и структур типа «пальмового дерева»
магматические	Приуроченность перспективных рудных узлов к девонским вулканитам контрастной базальт-риолитовой формации с развитием калиевых риолитов	Приуроченность повышенных концентраций урана районам развития субвулканическим и жерловым образованиям кислого состава
метаморфические	Связь оруденения с крупными зонами динамометаморфизма термодинамического уровня зеленосланцевой фации	Локализация оруденения в тектонитах, катаклазитах и динамометаморфитах по девонским осадочно-вулканогенным породам
литолого-стратиграфические	Приуроченность рудных узлов к вулканогенно-осадочным пестроцветным молассовым толщам девона	Локализация оруденения на контактах вулканогенных породах разного состава с терригенными породами
метасоматические	Локализация рудных узлов в пределах развития сложных сопряженных систем синтетонических метасоматитов с развитием пропилит-березитовой (березит-альбититовой) РМФ	Приуроченность концентраций урана к барьерным зонам щелочного и кислотного геохимического профиля с повышением фона в эпипородах березитоидного типа
геохимические	Крупные геохимические аномалии калия, натрия, тория	Комплексные геохимические аномалии тория, молибдена, меди, циркония, иттрия, ниобия, галлия, серебра, золота

ВЫВОДЫ

1. Геодинамическая позиция уранового оруденения Уйменского прогиба определяется его принадлежностью зоне тыловых рифтов девонской активной континентальной окраины андийского типа, а геотектоническое положение района – принадлежностью трансрегиональной шовной сдвиговой зоне с развитием дуплексно-лозанжевой структуры, благоприятной для развития систем метасоматитов и измененных пород различной формационной принадлежности.

2. Структурно-тектонические условия локализации уранового оруденения Уйменского прогиба определяются его принадлежностью зонам приразломного смятия крупных разломов сдвиговой и взбросо-сдвиговой кинематики с широким развитием динамометаморфических и дислокационно-метасоматических комплексов, в рассматриваемом случае – выделяемого бельского комплекса динамометаморфитов, бластомилонитов, синтектонических метасоматитов и гидротермально-метасоматических пород.

3. Условия формирования уранового оруденения определяются развитием сложной системы гидротермально-метасоматических пород и синтектонических метасоматитов с образованием единой геохимической структуры, отдельные зоны которой выполняет рудомобилизующие, рудотранспортирующие и рудолокализирующие функции с фиксацией рудных концентраций урана на геохимических барьерах зональной метасоматической колонки. При изучении геохимической структуры системы сопряженных метасоматитов выделены ореольные зоны выноса и центральные барьерные зоны привноса (ядерного концентрирования) урана.

4. Проведенные исследования позволяют установить комплекс региональных и локальных поисковых критериев и оценить объемы перемещенного в процессе метасоматоза урана, а также масштабы возможного уранового оруденения центральной части Уйменского прогиба, что позволяет предполагать наличие новых рудных объектов на северных и южных флангах Сумультинской аномальной зоны, а также в ряде других участков. Результаты работ позволяют положительно оценить перспективность поисков урановорудных объектов в пределах Сумультинской площади и расширения ресурсного минерально-сырьевого потенциала Алтая на урановое оруденение.

Список публикаций по теме диссертации

1. Туркин Ю.А. Некоторые вопросы дислокационного метаморфизма западной части Алтае-Саянской складчатой области // Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской горной области. Материалы научно-практической конференции. Новокузнецк, - 1995. - с. 241-243.

2. Туркин Ю.А. Структурно-тектоническое положение и рудоносность кварц-полевошпатовых метасоматитов Горного Алтая. В кн: День Земли – научные и педагогические проблемы. Тезисы докладов I межвузовской научно-практической конференции, ч. I. - Бийск, НИЦ БиГПИ, 1995. - с. 122-126.

3. Туркин Ю.А. Структурные парагенезисы складчатых толщ северо-восточной части Горного Алтая. В сб: Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития. Материалы регионального совещания. Горно-Алтайск: ГАГУ, РИО «Универ-Принт», 1998, с. 102-103.

4. Туркин Ю.А. Сопряженные метасоматические системы Горного Алтая. В сб: 300 лет горно-геологической службы России: история горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая. Материалы региональной научно-практической конференции, Барнаул, Изд-во АГУ, 2000, с. 169-175.

5. Туркин Ю.А. Кварц-полевошпатовые метасоматиты сопряженных гидротермально-метасоматических систем Горного Алтая. В сб: Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века. Тезисы докладов научно-практической геологической конференции, том 1, Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2000.

6. Туркин Ю.А. Эволюция и зональность девонского магматизма северо-восточной части Горного Алтая как структурно-формационной зоны тыловых рифтов активной континентальной окраины. В кн: Проблемы геодинамики и минерагении Южной Сибири / Под ред. В.П. Парначева. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2000, с. 81-85.

7. Туркин Ю.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М-45-III (Чемал) / Туркин Ю.А., Федак С.И., Гусев А. И. и др. // СПб.: Изд-во СПб карт-фабрики ВСЕГЕИ, 2001, 194 с.

8. Туркин Ю.А. Базитовые силлы Горного Алтая / Туркин Ю.А., Федак С.И. // Вестник Томского государственного университета, 2003. № 3 (I). - с. 167-169.

9. Туркин Ю.А. Метаморфические комплексы Горного Алтая / Туркин Ю.А. Коржнев В.Н. // Вестник Томского государственного университета, 2003. № 3 (I). - с. 170-172.

10. Туркин Ю.А. Основные особенности геологического строения Горного Алтая и Салаира по данным современных региональных исследований // Актуальные аспекты геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Алтайского края. Материалы краевой научно-практической конференции. Барнаул, Изд-во Алтайского университета, 2004. - с. 125-132.

11. Туркин Ю.А. Основные особенности и закономерности магматизма территории Горного Алтая и смежных регионов // Природные ресурсы Горного Алтая. Бюл. вып. 1, Горно-Алтайск. - Издание Горно-Алтайского регионально-го отделения Российского геологического общества. 2005. - с. 48-55.

12. Туркин Ю.А. Коллизионно-сдвиговая структура Горного Алтая // Известия Бийского отделения Русского географического общества. Вып. 25. – Бийск: РИО БПГУ им В.М. Шукшина, 2005. - с. 43-49.

13. Туркин Ю.А. Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая / Туркин Ю.А., Федак С.И. // Под ред. В.М. Исакова. – Томск: SST, 2008. – 460 с.

14. Туркин Ю.А. Урановое оруденение Уйменского прогиба (Горный Алтай) // Вестник Томского государственного университета. 2009, № 323. с. 172-175.